

# **Pilaristabilointijätteen vähentäminen työmaalla**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus, Rakennusmestari

Kevät, 2020

Kalle Ketonen

Rakennusmestari  
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

---

<b>Tekijä</b>	Kalle Ketonen	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	Pilaristabilointijätteen vähentäminen työmaalla	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Jari Mustonen (HAMK), Ville Niutanen (KFS)	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön laatimisen tavoitteena oli selvittää, miten pilaristabiloinnin tavoitetasolla voidaan vähentää pois kaivettavan stabilointijätteen muodostumista mm. koneohjauslaitteiden, 3D-mallintamisen sekä suunnitelmista saatujen määrälaskentojen avulla. Kreate Oy:n työmaalla Kallvikin kadut, jossa tilaajana toimii Espoon kaupunki, tähän kiinnitettiin erityistä huomiota kyseisellä hankkeella.

Erityisesti tässä työssä perehdytään kustannussäästöihin, jotka saavutettaisiin stabilointijätteen vähentämisellä eri osapuolille, tilaajalle sekä urakoitsijalle ja millä työmenetelmillä tavoitteisiin päästäisiin. Työssä perehdytään pääosin Suomessa käytettyyn pilaristabilointiin eli kuivastabilointiin. Työ kertoo Suomen stabilointitekniikan nykytilasta, pilaristabiloinnin käyttökohteista, stabilointimenetelmistä, sideaineista, stabilointikalustosta, stabilointijätteen kustannuksista, sekä laadunvarmistus menetelmistä.

Espoon kaupungin geotekniikkayksikön edustaja kertoo haastattelussa, ettei Kallvikin kadut-hankkeen aikana tulla muuttamaan stabilointimenetelmää, joka on Espooseen vakiintunut. Syy nykyiselle työtavalle olivat halu varmistaa, etteivät pilarit jääneet liian lyhyiksi ja näin ollen varmistettiin pilareiden koestuksen onnistuminen. Haastattelussa todettiin myös, että 3D-mallinnuksen sekä koneohjauslaitteiden kehittyessä myös mahdollisesti stabiloinnin työtapo kehittyy.

**Avainsanat** Stabilointijäte, pilaristabilointi, laatu, laadunvalvonta, 3D

**Sivut** 29 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Construction management  
Hämeenlinna University Center

---

<b>Author</b>	Kalle Ketonen	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	Reduction of pillar stabilization waste on site	
<b>Supervisors</b>	Jari Mustonen (HAMK), Ville Niutanen (KFS)	

---

#### ABSTRACT

The aim of the thesis was to find out how the formation of excavated stabilization waste can be reduced at the target level of pillar stabilization, e.g. using machine controls, 3D modeling, and quantity calculations from plans. At Kreate Oy's construction site, *Kallvikin Kadut*, where the city of Espoo is the customer, special attention was paid to this project.

In particular, this work examines the cost savings that would be achieved by reducing stabilization waste for the various parties, the customer and the contractor, and what working methods would be used to achieve the objectives. The main focus of the work is on pillar stabilization, i.e. dry stabilization, used in Finland. The work describes the current state of Finnish stabilization technology, the applications of pillar stabilization, stabilization methods, binders, stabilization equipment, the costs of stabilization waste, and quality assurance methods.

A representative of the City of Espoo's Geotechnical Unit says in an interview that during the *Kallvikin Kadut* project, the stabilization method, which has been established in Espoo, will not be changed. The reasons for the current way of working were the desire to ensure that the pillars were not too short and thus the success of the testing of the pillars was ensured. It was also stated in the interview that with the development of 3D modeling and machine control equipment, the way of stabilization may also develop.

**Keywords** Stabilization waste, Pillar stabilization, quality, quality control, 3D

**Pages** 29 pages including appendices 2 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	STABILOINNIN NYKYTILA SUOMESSA .....	2
2.1	Stabilointi Suomessa .....	2
2.2	Syvästabilointimenetelmät ja -periaate .....	2
2.2.1	Massastabilointi.....	2
2.3	Pilaristabilointi.....	3
2.3.1	Pilaristabiloinnin käyttökohteita .....	3
2.3.2	Tekniikka ja laitteistot .....	4
2.3.3	Koneohjaus stabilointikoneissa .....	5
2.4	Pilaristabiloinnin tekeminen .....	11
2.4.1	Pilarinvalmistus.....	11
2.4.2	Sideaineen valinta .....	13
2.5	Stabiloinnin laatu yleisesti.....	14
2.5.1	Ennen urakkaa .....	15
2.5.2	Työn aikana.....	15
3	KALLVIKIN KADUT-HANKE.....	17
3.1	Stabiloinnin laatu Kallvikin kadut-hankkeella .....	17
3.1.1	Pilaristabiloinnin materiaalit, sideaine ja sideainemäärät .....	20
3.2	Ongelmanlähtökohdat Kallvikin kadut-hankkeella .....	20
4	TULOKSET ERI NÄKÖKULMISTA .....	21
4.1	Laskentakaava stabilointijätteen kuljetuksien kustannus vertailu 5-akselisella kuorma-autolla .....	23
4.2	Ajallinen hyöty pilaroitaessa rakennekerrosten alapinnasta +300 mm .....	24
4.3	Stabilointijätteen hyödyntäminen maarakentamisessa .....	24
4.3.1	MARA- JA MASA-asetukset.....	24
4.3.2	MARA-asetus .....	25
4.3.3	MASA-asetus.....	25
5	YHTEENVETO / JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
	LÄHTEET .....	27

## Liitteet

- Liite 1 Havainnekuva ylimääräisestä stabilointijätteestä  
Liite 2 Stabilointijäte laskenta kaduittain

## 1 JOHDANTO

Syvästabiloinnin tavoitteena on parantaa maaperän ominaisuuksia kuten leikkaus- ja puristuslujuutta ja/tai vähentää kokoonpuristuvuutta sekoittamalla maaperään kemiallisia lisäaineita, jotka reagoivat maaperän kanssa. Ominaisuuksien parantuminen johtuu sähköisistä sidoksista savissa, maa-ainespattikkelien sitoutumisesta kemiallisissa reaktioissa ja/tai tyhjätilavuuden täyttämällä kemiallisten reaktioiden lopputuotteilla. Syvästabilointi jaetaan käytettävän sidosaineiden, mahdollisen lisäaineiden sekä sekoitustavan mukaan eri menetelmiin. (SFS-EN 14679/2005, A.1)

Syvästabiloinnin kehittäminen aloitettiin Ruotsissa ja Japanissa 1960-luvun lopulla. Niin sanottu kuivamenetelmä otettiin käyttöön Japanissa ja Ruotsissa 1970-luvun puolivälissä. Kuivamenetelmässä käytettiin kalkkia savimaan painumisen estämiseen. Syvästabilointi on levinnyt maailmanlaajuisesti käytettäväksi työmenetelmäksi. Uudempia lisäaineita ovat mm. kipsi, lentotuhka sekä teollisuuden kuona-aineet. Ihmisten huolestuminen ympäristöstä on aikaansaanut kehitystä syvästabiloinnin hyödyntämiseen maaperän kunnon parantamisessa, saastuneiden alueiden eristämisessä ja saasteiden sitomisessa. (mt.)

Tämä opinnäytetyö käsittelee syvästabilointimenetelmiä, erityisesti pilaristabilointia ja sen jälkeisestä maankaivuusta syntyvää stabilointijätettä sekä sen kustannuksia. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esille vaihtoehtoinen työmenetelmä pilaristabiloinnille, joka vähentää sideaineiden menekkiä sekä pienentää stabilointijätteestä aiheutuvia kustannuksia. Opinnäytetyö on toteutettu tilaajan, Kreate Oy ja KFS Finland pyynnöstä.

Opinnäytetyössä on käytetty lähdemateriaalina CEN:n suomennettua sekä englanninkielistä työstandardia syvästabilointiin, urakoitsijan työohjeita, haastatteluja sekä eri urakoitsijoiden raportteja ja työkuvauksia.

## 2 STABILOINNIN NYKYTILA SUOMESSA

### 2.1 Stabilointi Suomessa

Stabilointi on pohjanvahvistusmenetelmä, jossa maaperä lujitetaan kantavaksi rakenteeksi sekoittamalla siihen sideainetta. (KFS Finland Oy, 2020)

Sideaine on Suomessa tyypillisesti kalkki-sementtiseosta, jossa käytetyn aineksen suhdeluku vaihtelee kohteen tarpeen mukaan. Sideaine puhalletaan paineilmalla kairalle ja sekoitetaan sellaisenaan maa-ainekseen, joka toimii runkoaineena. Sementti ottaa hydratoitumiseen vaadittavan kosteuden maaperästä, jonka kosteusprosentti on Suomessa luonnostaan hyvin korkea. Suomessa käytetään kalkista ja sementistä poikkeavia lisäaineita muita maita useammin. Tällaisia sideaineita ovat mm. masuunikuona, eri tuhkat tai kipsi. Sideaineet sekoitetaan keskenään joko tehtaalla tai työmaalla. Etuna näiden aineiden käyttämiseen on edullisempi hinta sementtiin verrattuna. (Bruce, 2000.)

### 2.2 Syvästabilointimenetelmät ja -periaate

Suomessa stabilointi tehdään joko pilaristabilointina tai massastabilointina. Yleisin käytetty stabilointi tekniikka on pilaristabilointi.

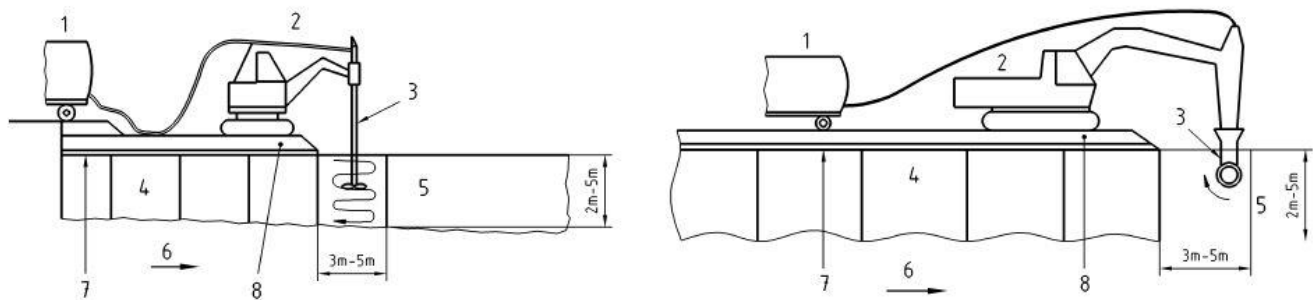
Syvästabiloinnin tavoitteena on parantaa pehmeän maa-aineksen ominaisuuksia eli lisätä leikkauslujuutta ja/tai vähentää kokoonpuristuvuutta. Syvästabilointi tapahtuu sekoittamalla maa-ainekseen kemiallisia seosaineita, jotka reagoivat maa-aineksen kanssa. Savikerroksen lujittuminen perustuu savimineraalien pinnassa tapahtuvaan ioninvaihtoon, maapartikkelien sitomiseen kemiallisten reaktiotuotteiden kanssa ja/tai tyhjätilan täyttämiseen. Syvästabilointi luokitellaan stabilointimenetelmän perusteella. (SFS-EN 14679; EuroSoilStab 2002)

Syvästabilointi suoritetaan hajottamalla maa-aineksen rakenne mekaanisesti pääasiassa sekoitintyökalun/-työkalujen pysty- sekä vaakaliikkeen avulla ja sekoittamalla maa-ainekseen sideainetta, joka homogenisoidaan maa-aineksen kanssa painamis- ja/tai nostovaiheessa. Syvästabilointi voidaan suorittaa märkä- tai kuivastabilointina (Suomessa käytetään kuivamenetelmää). Märkä- ja kuivamenetelmissä sideaineen kuljetuksen väliaineet ovat erilaiset, märkämenetelmässä sideaineen kuljetuksen väliaineena on tavallisesti vesi, kun taas kuivamenetelmässä käytetään paineilmaa. (KFS Finland Oy, n.d.)

#### 2.2.1 Massastabilointi

Massastabilointi on menetelmä, jossa stabiloitavaan maaperään sekoitetaan sideainetta tyypillisesti kaivinkoneeseen liitetyllä sekoitinlaitteistolla. Sekoitusta tapahtuu vaak- ja pystysuunnassa lamelleittain, jolloin maahan syntyy tasaisesti lujittunut laattamainen vyöhyke, jonka varaan eri maarakenteet voidaan perustaa.

Massastabilointia käytetään maalajeissa, joiden stabiiloituvuus on huono ajatellen pilaristabilointia. Massastabilointi menetelmää käytetään usein satamien ruoppaussementtien kiinteyttämiseen, lisäksi voidaan stabiloida läjitettäväksi ajateltuja kaivumaita käyttökelpoisiksi. (KFS Finland Oy, n.d.)



#### Merkinnät

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 Stabilisointiaineen säiliö ja vaaka   | 5 Turve, lieju, savi       |
| 2 Massastabilointikone                  | 6 Massastabiloinnin suunta |
| 3 Sekoitustyökalu                       | 7 Geotekstiili (lujite)    |
| 4 Massastabiloitu turve, lieju tai savi | 8 Esikuormituspenker       |

Kuva 1. Kaksi massastabilointitekniikkaa.

### 2.3 Pilaristabilointi

Pilaristabilointi on yleisin syvästabilointimenetelmä. Pilaristabilointi menetelmässä maaperää vahvistetaan lisäämällä siihen sementti- ja kalkkipohjaista sideainetta. Stabilointikoneen kaira porataan maaperään suunniteltuun syvyyteen asti, jonka jälkeen kairaa nostettaessa sideainetta syötetään maahan samalla sekoittaen. Kun sideaine reagoi maaperän kosteuden kanssa, muodostuu sylinterimäisiä pilareita, jotka lujittavat maaperää.

Paaluperustamiseen verrattuna voidaan pilaristabiloinnilla pienentää perustamiskustannuksia ja se soveltuu erinomaisesti eri projektialueiden esirakentamiseen. (KFS Finland Oy, n.d.)

#### 2.3.1 Pilaristabiloinnin käyttökohteita

Syvästabiloinnin käyttökohteet ovat yleensä painuman vähentäminen ja stabiiliiteetin parantaminen. (Liikennevirasto, 2018)

Syvästabiloinnin käyttökohteita:

- putkijohtojen perustaminen
- kantavuuden parantaminen
- alueellisen vakavuuden varmistaminen

- pohjannousun estäminen
- patoseinät/vettä ohjaavat seinät
- kaivannon pohjan vahvistaminen
- paalujen sivusuuntaisen vastuksen lisääminen (pysyvästi tai työnaikaisesti)
- liikennetärinän estäminen tai haittojen vähentäminen
- kaivannon tai leikkauksen luiskan vahvistaminen
- haitta-aineiden eristäminen/kiinteyttäminen (pilaantunut maa)

Selvästi yleisin syvästabiloinnin käyttökohteista on tie- ja katupenkereiden perustaminen. Pilaristabiloinnilla parannetaan penkereen stabiiliteettia ja estetään käyttövaiheen aikaiset painumat ja/tai vähennetään niitä rakenteen kannalta hyväksyttäviksi.

Pilaroinnin päälle rakennettavan penkereen korkeus ratkaisun taloudellisuus ovat riippuvaisia mm. savikerroksen alapuolisen kitkamaakerroksen paksuudesta sekä tiiveydestä. Mikäli paalujen tunkeutuma kitkakerrokseen on vähäinen, on paalutettu ratkaisu kilpailukykyinen stabiloinnin kanssa myös matalammilla penkereillä, mutta paalujen kitkamaahan tunkeutumisen kasvaessa, kasvaa myös pengerkorkeus, joka on taloudellisesti kannattavampaa rakentaa pilaristabiloinnin varaan.

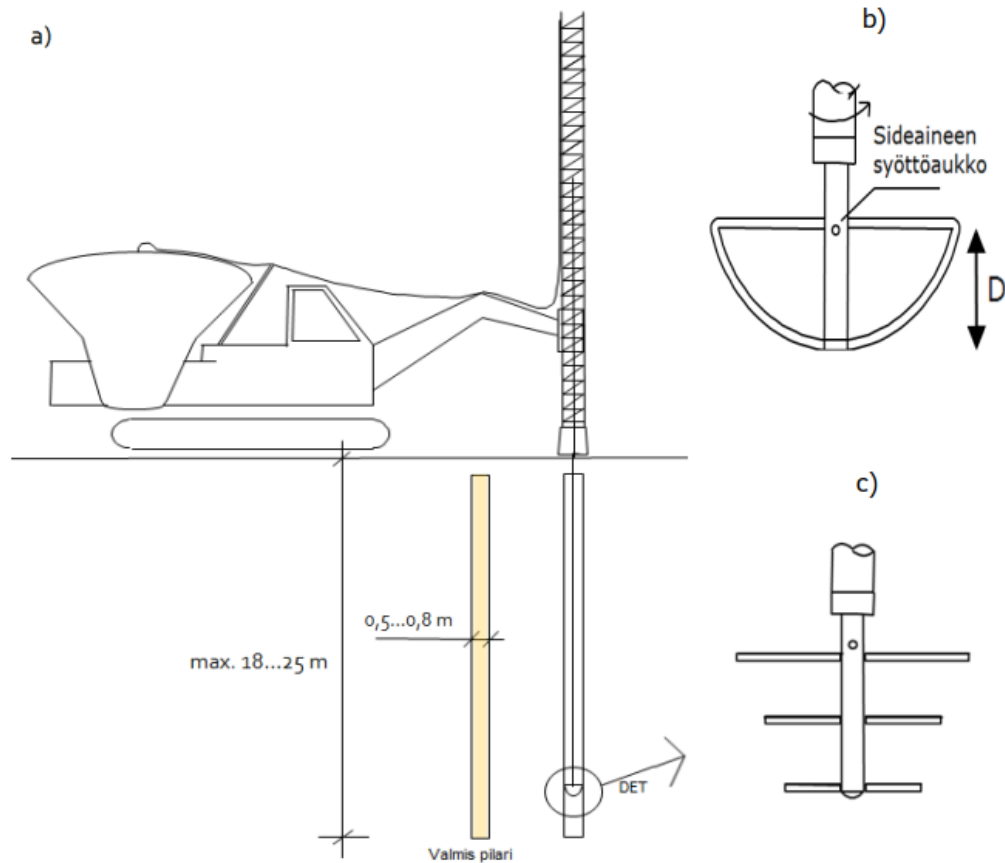
Pilaristabiloinnin varaan voidaan perustaa myös kevyitä rakenteita kuten esimerkiksi portaali-perustukset, pumppaamot ja raittien kevyet sillat.

### 2.3.2 Tekniikka ja laitteistot

Suomessa käytetään pilaristabiloinnissa ns. pohjoismaista menetelmää, jossa sideaine syötetään paineilmalla (kuivamenetelmä). Pilarin halkaisija on 500, 600, 700 tai 800 mm.

Pohjoismaissa (Suomi, Norja, Ruotsi) käytössä olevissa stabilointikoneissa on yksi sekoitustanko ja -kätki. Sideaineen syöttöaukko on sekoituskärjen ylimmän tason kohdalla sekoitustangossa, joten syöttöaukon alapuolelle ei muodostu sideaineen lujittamaa pilaria. Sideaine syötetään pilariin sekoitinkärkeä ylös nostettaessa ja sekoitetaan maa-ainekseen sekoitinkärkeä jatkuvasti pyörittämällä. Pilarin halkaisija on sama kuin sekoitinkärjen halkaisija silloin, kun sekoitustyö on onnistunut. Sekoitinkärjen pyörimisnopeus ja ylösnostonopeus säädetään sellaisiksi, että saavutetaan tasainen sekoittuminen. (Liikennevirasto, syvästabiloinnin suunnittelu 2018, s. 19) Pilaristabilointi-laitteiston toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.



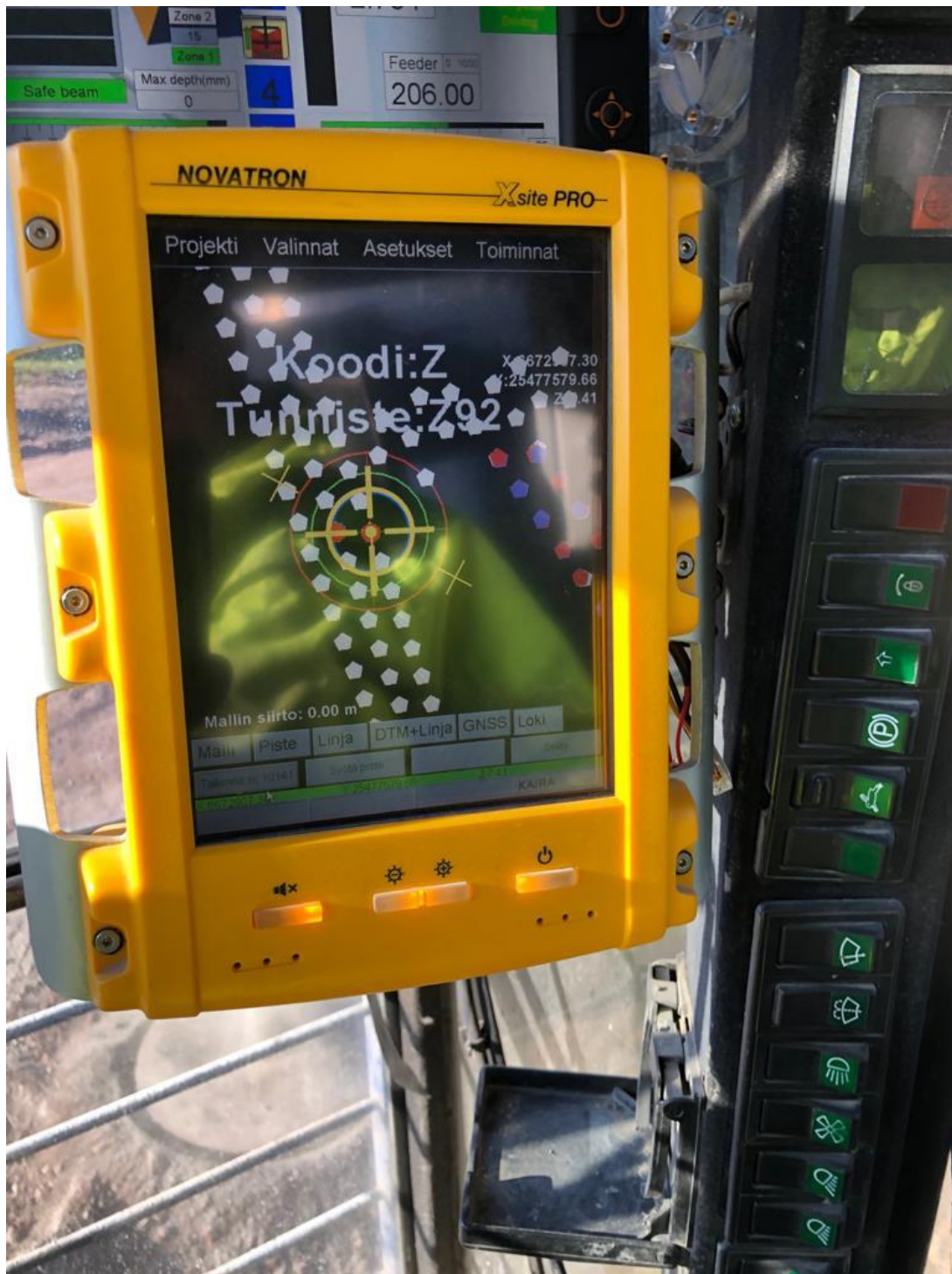


Kuva 2. Pilaristabilointilaitteiston periaatekuva, a). Sekoitinkärkityyppejä: b) "kattilakärki" ja c) "käpykärki". b-kuvassa on esitetty sideaineen syöttöaukon ja sekoitinkärjen välinen etäisyys D.

### 2.3.3 Koneohjaus stabilointikoneissa

Pilaristabilointikoneiden koneohjausjärjestelmään ladataan suunnittelijan laatimat 3D-mallit ja työ kuvat kohteesta.

GPS-koordinaattien avulla kuljettaja paikallistaa ja kohdistaa tehtävän pilarin. Koneohjausjärjestelmä näyttää pilarin sijainnin sekä pilarin numeron. Koneohjauksen avulla on mahdollista suorittaa pilarin valmistus automaattikaa hyödyntäen.



Kuva 3. Koneohjauslaitteiston näyttö 1/3, josta nähdään tehtävän pilarin numero ja sijainti.



Kuva 4. Koneohjauslaitteiston näyttö 2/3, josta nähdään tehtävän pilarin ala- ja yläpää.



Kuva 5. Koneohjauslaitteiston näyttö 3/3, josta nähdään sideaineen syöttöpaine ja sideaineen määrä.





Kuva 6. Pilaristabilointikone asettamassa sekoitinkärkeä tehtävän pilarin sijaintiin.



Kuva 7. Pilaristabilointikoneen sekoitintyökalu painautumassa maahan, terät kolmessa tasossa.





Kuva 8. Stabilointikoneen perässä kulkeva sideaineen mobiilivälisäiliö, "possu".



Kuva 9. Sideaineen varastointisäiliö, josta "possu" noutaa sideainetta. Tavarantoimittaja täyttää säiliön tarpeen mukaan sovitusti esimerkiksi kerran viikossa.



Kuva 10. Stabilointityömaan yleiskuva.

## 2.4 Pilaristabiloinnin tekeminen

Pilareiden paikat mitataan ja merkitään maastoon käytettävän mittaus- tai stabilointikoneen paikantamis- ja koneohjausjärjestelmän mukaisesti.

Pilarit tehdään suunnitelma-asiakirjoissa osoitettuun syvyyteen. Työ aloitetaan koepilaroinnilla, jolloin suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt arvot tarkistetaan.

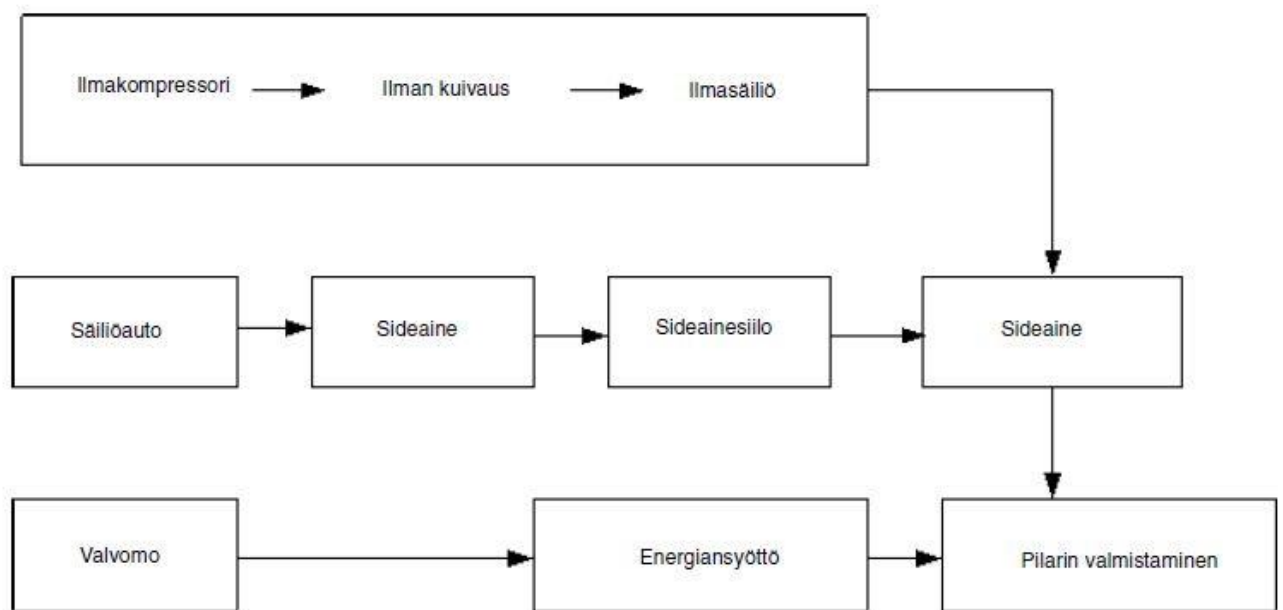
Stabiloidulle alueelle tehdään pengerrys, kerrospengerryksenä. Pengerryksen ajankohta on suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Tarvittaessa syvästabiloidulle maapohjalle tehdään esikuormitus, mikäli sille rakennetaan jokin kevyt rakenne kuten pumppaamo.

### 2.4.1 Pilarinvalmistus

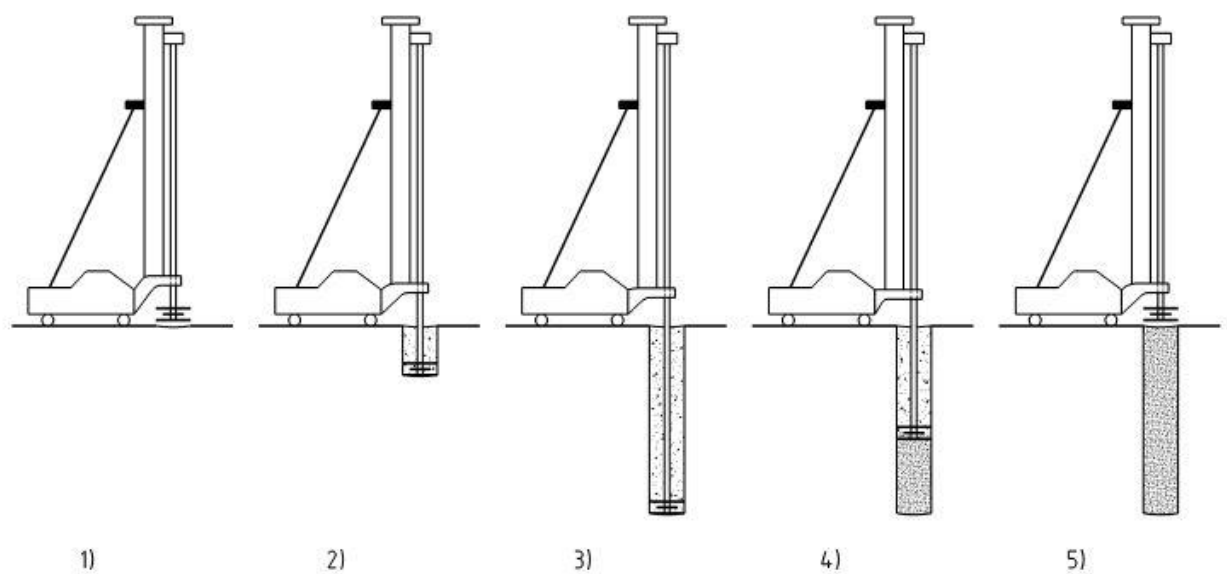
Pilaristabiloinnissa (kuivastabilointi) sideaine on tavallisesti sementin ja kalkin rakeinen tai jauhemainen seos. Sideaineena käytetään myös sementin, kipsin, maasuonikuonan tai jauhemaisen polttoainetuhkan (PFA) seosta. Sideaine sekoitetaan maa-ainekseen sekoitinkärkeä pyörittämällä ja samanaikaisesti sideainetta syötetään paineilman avulla. Maa-aineksen kosteuspitoisuuden tulee olla  $\geq 20\%$ . Alla on esitetty kuivastabiloinnin prosessikaavio (Kuva 11.) sekä pilarin valmistusjärjestys (Kuva 12.)

Sekoitustanko painetaan suunniteltuun tavoitesyvyyteen, sideaineen syöttäminen aloitetaan sekoitustangon noston yhteydessä. Maa-aineksen kulkeutuminen sideaineen syöttöreikään sekoitustankoa alas painettaessa pyritään estämään puhaltamalla paineilmaa syöttöreistä, mahdollisimman alhaisella paineella. Paineilman syöttö tulee pyrkiä pitämään mahdollisimman vähäisenä, ettei paineilma löyhdytä tulevan pilarin ympäröivää maata.





Kuva 11. Kuivastabiloinnin prosessikaavio (SFS-EN 14679/2005, Kuva A.4, s. 24)

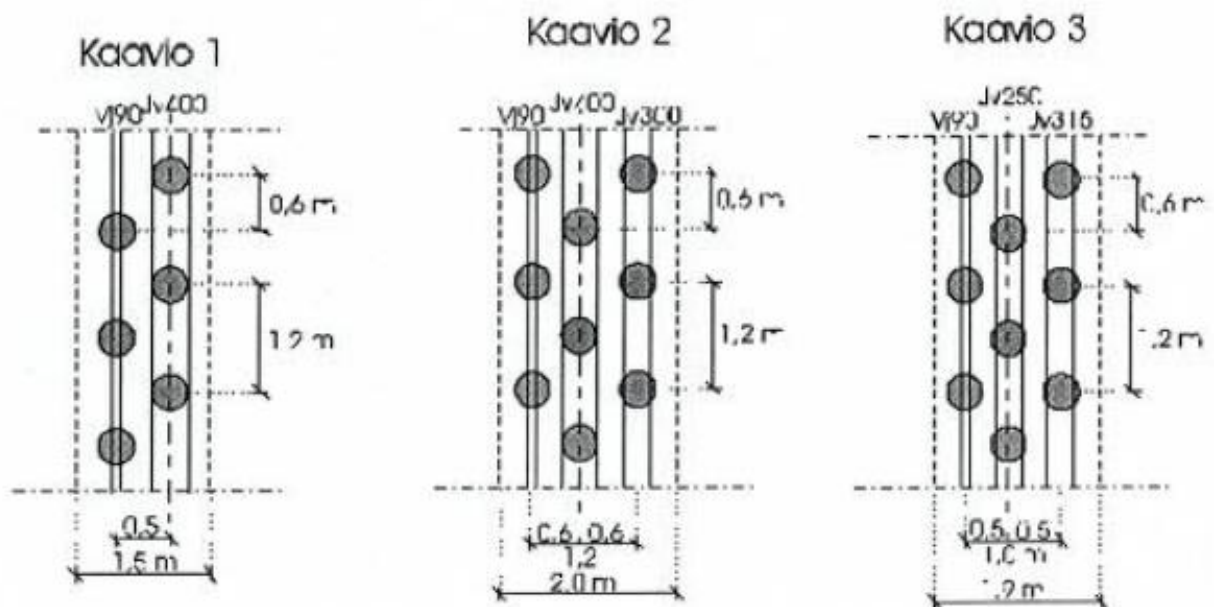


Kuva 12. Pilarin valmistusjärjestys (SFS-EN 14679/2005, Kuva A.5, s. 24)



Valmistusmenettely kuvan 12 mukaisesti:

1. Sekoitinkärki kohdistetaan täsmällisesti, suunniteltuun paikkaan 3D-ohjauksen avulla.
2. Sekoitustanko painetaan tavoitesyvyyteen ja samanaikaisesti maa-aineksen rakennetta hajotetaan sekoitustyökallulla.
3. Kun tavoitesyvyys on saavutettu, tanko vedetään ylös ja samanaikaisesti maa-ainekseen syötetään sideainetta.
4. Sekoitustyökalu pyörii vaakatasossa ja sekoittaa sideaineen maa-ainekseen.
5. Pilari tehdään valmiiksi.



Kuva 13. Kolme tapaa pilarien sijoitteluun putkilinjalla. (Espoo, 2002)

#### 2.4.2 Sideaineen valinta

Pilari- ja massastabiloinnissa käytetään yleensä sideaineena sementtiä tai sementin ja kalkin seosta. Syvästabilointia suunniteltaessa on huomioitava, että sideaineen valinta on kriittinen tekijä, joka on erittäin riippuvainen syvästabiloinnin tavoitteesta sekä maa-aineksen ominaisuuksista. Syvästabilointiprojektissa on yleensä oleellisenä vaatimuksena testata käsiteltävän maa-aineksen ja sideaineen yhteensopivuus. (SFS-EN 14679/2005, B.4, s.36)

Maa-ainestyyppi	Sopiva sideaine
Savi	Kalkki tai kalkki/sementti
Erittäin sensitiivinen savi	Kalkki tai kalkki/sementti
Orgaaninen savi ja lieju	Kalkki/sementti tai sementti/ masuunikuona tai kalkki/kipsi
Turve	Sementti tai sementti/ masuunikuona tai kalkki/kipsi/sementti
Sulfiittimaa	Sementti tai sementti/ masuunikuona
Siltti	Kalkki/sementti tai sementti

Kuva 14. Sideaineen valinta eri maa-ainestyypeille (SFS-EN 14679/2005, Taulukko B.1, s.36)

Kallvikin kadut hankkeella käytettiin pilaristabiloinnin sideaineena sementin ja kalkin seosta suhteessa 50/50 sekä sideaineen määrä oli 34 kg/pilarimetri.

Päiväys	Kalkki %	sementti 42,5N %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
02.08.2019	50,00 %	50,00 %
Yhteensä %	50,00 %	50,00 %

Kuva 15. Kalkkisementti QLC50 sekoitusraportti (CEMEX, 2019)

## 2.5 Stabiloinnin laatu yleisesti

InfraRYLin ohjeistuksen mukaan pilaristabilointiin sallitaan 0,2 m poikkeama vaakasuunnassa verrattuna suunniteltuun sijaintiin, putkikaivantojen alla sallitaan 0,1 m vaakapoikkeama. Suurin sallittu kaltevuus on 20 mm/m ja mittatarkkuuden tulee olla vähintään 5 %/pilarimetri, sideaineen poikkeama suunnittelusta saa olla -10...+20 % sekä pilarin keskimääräinen sideaineen määrä saa poiketa enintään 5 % suunnitelma-asiakirjoista. Sideaineen tulee olla CE-merkittyä ja sen reagointi maa-aineksen kanssa on tunnettava. (InfraRYL 14131/2017)

### 2.5.1 Ennen urakkaa

Ennen urakan aloitusta alueella on suoritettava pohjatutkimuksia, joilla selvitetään maa-aineksen maatyyppejä, tiiveys, raekoot, jäykkyys, pohjaveden taso. Lisäksi tulee selvittää maa-aineksen leikkauslujuus, plastisuus, rikki- ja pitoisuus, orgaanisten aineksien pitoisuus sekä mahdollisten saasteiden pitoisuus.

Tulee myös huomioida mahdollisten kaivantojen syvyydet, työtason korkomuu- tokset ja vaikuttavat kuormat esimerkiksi luiskista, teistä sekä seinämistä. On myös tunnettava tilaajan vaatimukset stabiloinnin suhteen kuten stabiloinnin tarkoitus, pilarien halkaisijat ja syvyydet sekä vaatimukset koestabiloinneille. Koestabiloinneilla selvitetään/varmennetaan pilarien lujuus, jäykkyys ja läpäisevyys.

Ennen urakkaa on myös tiedettävä maanalaiset riskit ja rakenteet. On tiedettävä rakennusalueen mahdolliset kaasulinjat, vesilinjat, viemärit, data- ja puhelinkaapelit, jännitekaapelit ja niiden jännitteet sekä räjähteet, jos toimitaan riskialueella. Mahdolliset ristiriidat alueella toimivan maanomistajan, tilaajan tai muun auktoriteetin välillä on oltava tiedossa. (Keller Product Guide of Soil Mixing 5.2.1 2017) Maanalaisia riskitekijöitä voi olla suuret kivet, puiden juuret, teollisuusjäte sekä kemian teollisuudesta syntyvät saasteet. (EN 14679/2005, A.3.1)

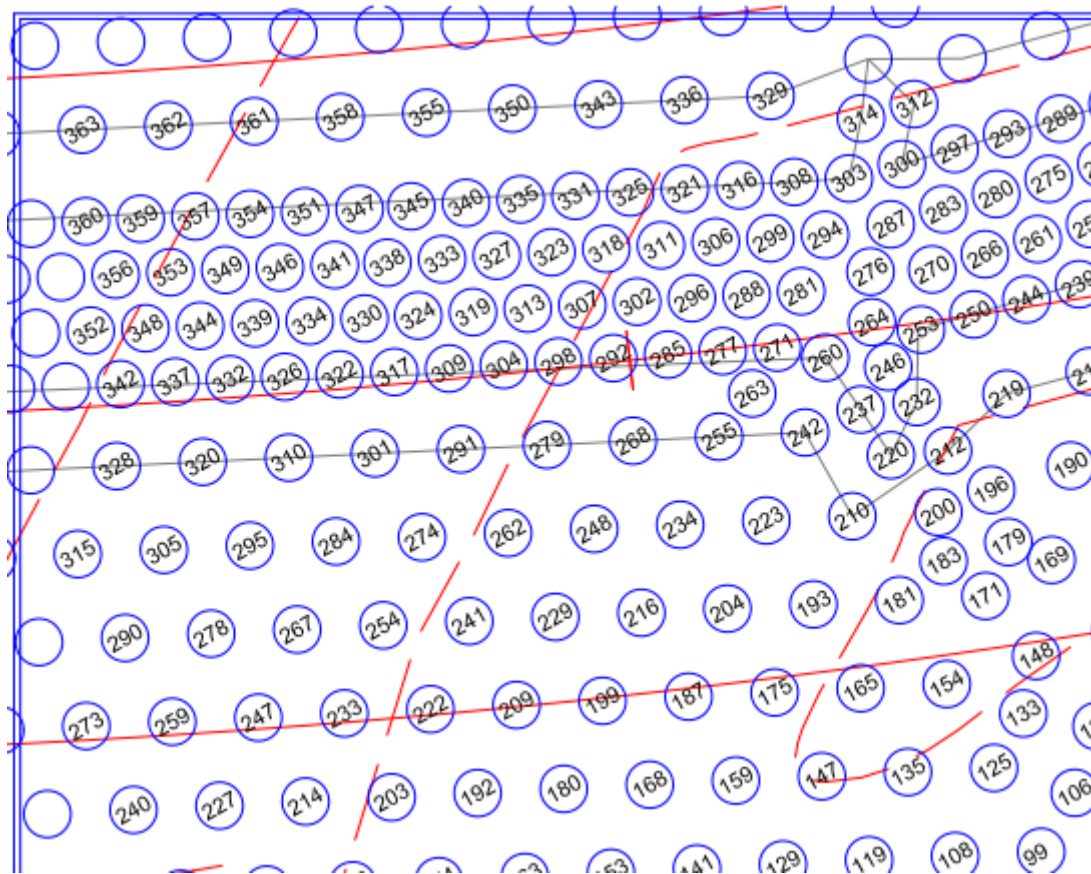
### 2.5.2 Työn aikana

Pilarointityöstä pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenevät pilarin tunnistetieto, tekopäivä, sijainti ja kaltevuus, pilarin ala- ja yläpään korkeustaso, sideaineen syöttömäärä (kg/m) ja sideaineen syöttömäärä (kg/pilari) sekä vaa'an lukemat ennen ja jälkeen pilarin valmistuksen. Pöytäkirjassa ilmoitetaan myös todennettu sideaineen laatu.

Pilarikohtaisessa pöytäkirjassa merkitään:

- Sideaine
- Sekoitussiivikkeiden nousu- ja pyörimisnopeus pilarin syvyyden mukaan
- Sideainepuhalluksen ilmanpaine
- Sideaineen menekki pilareittain ja syötön rekisteröinti jatkuvana diagrammina
- Sekoitussiivikkeiden pyörittämiseen tarvittava vääntömomentti
- Mahdolliset häiriöt pilareiden teossa
- Pilarin ylä- ja alapään taso

Pilareiden sijainnista laaditaan alueittain tarkepiirustukset, joista ilmenevät pilareiden ja pilarikenttien sijainti sekä pilarin numerointi, kuva 16. (MaaRYL, 2009)



Kuva 16. Stabilointi työkuva, pilarien sijainti ja numero.

Pilarien kelpoisuutta arvioidaan lujuustutkimuksen perusteella (pilarikairaus). Lujuustutkimuksia tehdään suunnitelma-asiakirjoissa osoitettu määrä.

Pilarien leikkauslujuuden määrittämiseksi pilareista tutkitaan vähintään 1%, kuitenkin vähintään viisi pilaria. Valvoja valitsee tutkittavat pilarit heti niiden tekemisen jälkeen, koestukset tehdään kovettumisajan jälkeen. Tuloksista laaditaan raportti, joka liitetään kelpoisuusasiakirjaan.

Pilarien lujuustutkimuksista laaditussa tutkimusraportissa esitetään kairaus-  
loket, kairausten perusteella lasketut pilarien leikkauslujuudet, leikkauslujuuk-  
sien keskiarvot ja vaihtelu sekä lujuuspoikkeamat suunniteltuun lujuuteen ver-  
rattuna.

Tarvittaessa stabiloidulle penkereelle asennetaan painumatarkistimia penke-  
reessä ilmaantuvien painumien varalta.

### 3 KALLVIKIN KADUT-HANKE

Kallvikin kadut-hankkeella rakennettiin 13 kpl uusia katuja sekä teitä mukaan lukien kunnallistekniikan täydennyksiä. Puistoalueille rakennettiin ulkoilureittejä, leikkipaikka, hulevesien hallintaan liittyviä altaita ja purouoman laajennuksia.

Pilaristabilointia kyseisellä hankkeella oli yhteensä noin 300 km (pilarimetriä). Hankkeen rakentamisalueella maaperä on pääosin savea (S).

#### 3.1 Stabiloinnin laatu Kallvikin kadut-hankkeella

Stabiloinnin laatuvaatimuksina on esitetty hankkeen työselityksen mukaan pilarien halkaisijaksi 600 mm, sideaineeksi käytettävän KC 50 seosta ja sideaineen määrän on oltava 34 kg/m, sallittu alitus ei saa olla enemmän kuin 1 kg/m. Pilarien on saavutettava tarkoituksenmukainen lujuus 40/60 kPa ja tavoiteleikkauslujuus saavutettava neljässä viikossa. Pilarit ulotetaan saven alapintaan ja yläpää 300 mm maanpinnasta.

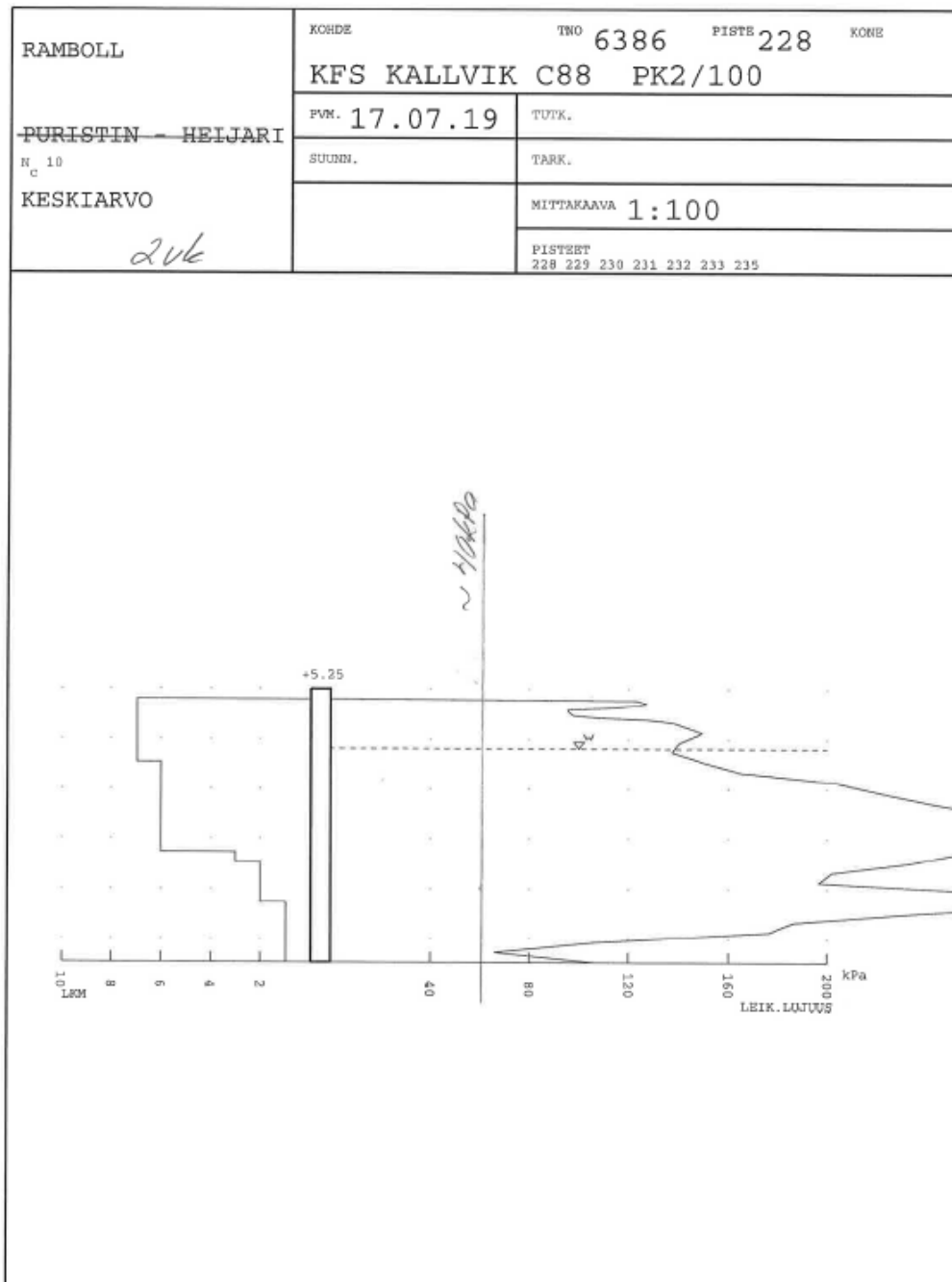
Kallvikin kadut hankkeella käytettiin pilaristabiloinnin laadunvalvonnassa suunnitelmia, pilarien lujuuskokeita (pilarikairaus), sijaintikartoitusta sekä 3D-koneohjausta. Lujuuskokeet suoritetaan pilarin kuivumisajan jälkeen, joka havaittiin hankkeella riittäväksi olevan kaksi viikkoa (14 vrk), poiketen yleisesti käytetystä ja alun perin suunnitellusta neljästä viikosta (28 vrk). 3D-koneohjauksella saavutettiin kahden senttimetrin tarkkuudella tavoitesyvyys, pilarin yläpään sijainti, kallistus sekä suunnitelmien mukainen pilarin sijainti.

Hankkeen pilarointityöstä urakoitsija suoritti laadunvalvontatoimenpiteinä joista alkavaa 400 pilaria kohden vähintään neljä valvontakairautta, kolme KPO-86:n mukaista pilarikairautta ja yhden pilarisiipikairauksen.



Kuva 17. Pilarikairaus





Kuva 18. Raportti pilarikairauksesta. Koestus on tehty 2 vk. pilarin valmistumista. Raportista voidaan havaita, että pilarin tavoitelujuudet saavutettiin kahdessa viikossa (14 vrk).

### 3.1.1 Pilaristabiloinnin materiaalit, sideaine ja sideainemäärät

Hankkeen työselostuksen mukaisesti sideaineina käytettiin kalkkia ja sementtiä. Kalkkina käytettiin kovaksi poltettua sammuttamatonta kalkkia, jonka CaO-pitoisuus on vähintään 80 %. Kalkki on rakeisuudeltaan 0–0,2 mm siten, että vähintään 80 % aineksesta läpäisee seulakoon 0,2 mm. Maksimi raekoko on 1,0 mm. Sementtinä käytettiin sementtistandardin SFS-EN 197-1 mukaista normaalisti kovettuvaa Portland-seossementtiä, Plussementtiä (CEM II / B-M (S-LL) 42,5 N).

Pilareissa käytetyn sideainemäärän oli oltava 34 kg/pilarimetri tai enemmän ja sideaineessa oltava kalkkia ja sementtiä painon mukaisessa suhteessa 50 %/50 %. Sideainemäärän sallittu alitus enintään 1 kg/pilarimetri. Urakoitsijan tuli valita työmenetelmä ja sideainemäärä niin, että lopputulos on pilareiden pituus- ja poikkisuunnassa tasalaatuinen ja vaaditut lujuudet saavutettiin viimeistään neljässä viikossa. Alueella aiemmin tehtyjen syvästabilointien perusteella esitetyllä minimisideainemäärällä tavoitelujuus on saavutettavissa koko pilarointisyvyydellä.

### 3.2 Ongelmanlähtökohdat Kallvikin kadut-hankkeella

Suunnitelmien mukaisesti pilaristabilointi tehdään kantavienkerrosten yläpintaan asti, jolloin sideaineen syöttö lopetetaan tavoitellusti 300 mm ennen nykyistä maanpintaa, jolloin syöttöputkissa oleva sideaine riittää saavuttamaan maanpinnan ilman mekaanista syöttöä.

Kallvikin kadut hankkeella ilmaantui kysymys, miksi pilarit edelleen tehdään nykyisen maanpinnan tasoon, vaikka stabiloitaville tieosuuksille tehdään pilarien kuivumisajan ja tavoitellun kovettumisen jälkeen kunnallistekniikka (jätevesi, huilevesi, vesi) ja käytössä on 3D-koneohjaus sekä 3D-mallinnus, jonka avulla pilarit voitaisiin tehdä 300 mm suunnitellun putkikaivannon alapinnan yläpuolelle. Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan kunnallistekniikalle tehtävästä kaivannosta poistettava maa-aines sisältää näin ollen sideainetta sekä pilarien paloja, jolloin se on stabilointijätettä.

Maankaatopaikalle/jälleenkäsittelylaitokselle kuljetettuna stabilointijätteellinen maa-aines (savi) on 100 % kalliimpaa kuin savi. Tämä voidaan helposti havaita maamassojen vastaanottomaksutaulukosta, kuva 19.



Maalaji	3-5 akselinen tai täysperävaunun 1 laatikko, €/krm (alv 0 %)	puoliperävaunu, €/krm (alv 0 %)	3-5 akselinen tai täysperävaunun 1 laatikko, €/krm (alv 24 %)	puoliperävaunu, €/krm (alv 24 %)
Kantava maa	34,10	68,20	42,28	84,57
Savi	68,20	136,40	84,57	169,14
Liejusavi	136,40	272,80	169,14	338,27
Louhe	0,00	0,00	0,00	0,00
Stabiloitu maa (vain kaupungin rakennuttamista kohteista)	136,40	272,80	169,14	338,27

Kuva 19. Maamassojen vastaanottomaksut (Espoo n.d.)

#### 4 TULOKSET ERI NÄKÖKULMISTA

Putkikaivantojen osuudella voitaisiin pilarien yläpää katkaista rakennekerrosten alapinnan yläpuolelle. Tästä koituisi tilaajalle huomattavia säästöjä, jo pelkäänsä pilarimetrit vähenisivät ja ennen kaikkea stabilointijätteen tuotto vähenisi merkittävästi. (Nyberg, haastattelu 23.4.2020) Stabilointiurakoitsijalle tästä aiheutuisi mahdollisesti tappiota, koska edellä mainitussa työtavassa on urakoitsijalla joka tapauksessa lähes sama työ kuin stabiloitaessa –300 mm maanpinnasta.

Liikenneviraston syvästabiloinnin suunnitteluohjeen mukaan, ”putkijohtojen kohdalla ja kaivuluiskissa pilarien yläpää voidaan lopettaa suunnitelman mukaisesti määräsyvyyteen kaivutason yläpuolelle. Sideaineensyötön lopetustaso tulee valita siten, että vähintään kaivutasoon saakka pilareihin on sekoitettu suunnitelman mukainen sideainemäärä. Lopettamalla sideaineen syöttö kaivutason yläpuolelle (lähes maanpintaan tekemisen sijaan), vähenee kohteessa tarvittava sideainemäärä ja kaivumaat, joihin on sekoitettu sideainetta.” (Liikennevirasto, 2018)

Espoon kaupungilla on käytössä pilaristabilointia koskeva Kalkkipilariohje. Kyseinen ohje on ollut käytössä vuodesta 1986 alkaen ja sitä on päivitetty tarpeen mukaan, kun stabilointikoneet ja mittalaitteet päivittyvät. Viimeksi ohjetta on päivitetty vuonna 2002. Kalkkipilariohjeen mukaan putkikanaalien osuudella on mahdollista tehdä pilarointi rakennekerrosten alapintaan, mutta pilarointi menetelmä valitaan aina paikkakohtaisesti. (Espoon tekninen keskus, Kalkkipilariohje 2002)

Pilarit voidaan katkaista myös melko ylhäältä, esimerkiksi 300 mm ennen maan pintaa mutta siitä seuraa mahdollinen työterveysriski, sillä kuivaa sideainetta pölyyää ilmaan sekoitustyökalun ylösnoston yhteydessä, jolloin työntekijät, työkonet sekä ympäröivä maasto altistuvat sideaineelle. (Nyberg, haastattelu 23.4.2020)



Kuva 20. Kuivaa sideainetta pölyyää ympäristöön sekoitustyökalun ylösnoston yhteydessä. (Nyberg, haastattelu 23.4.2020)

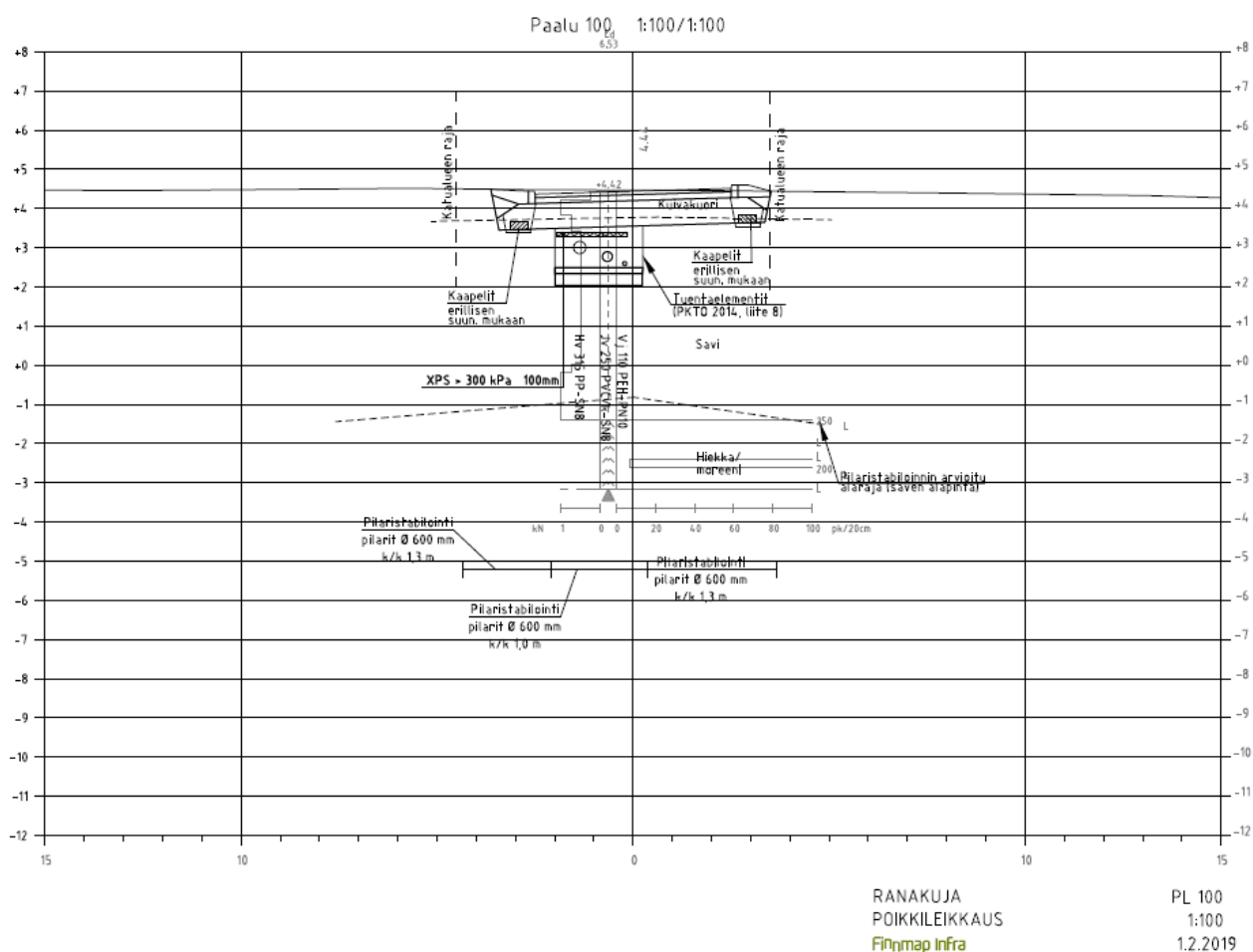


Kuva 21. Sekoitinkärjensuojus, jolla pyritään ehkäisemään roiskeita sekä kuivan sideaineen leviämistä ympäristöön.

Tilaajan edustajan haastattelussa kysyttiin, miksi kyseisellä Kallvikin kadut hankkeella käytetään pilaristabilointitekniikkana pilaroinnin ulottamista maanpinnasta -300 mm ja onko kyseinen työtekniikka käytössä kaikilla Espoon kaupungin hankkeilla. Tilaajan edustaja kertoi, että Kallvikin kadut hankkeessa toimittiin Espoon vakiintuneen käytännön mukaisesti. Syynä pilareiden ylös ulottamiseen oli halu varmistaa, etteivät pilarit jääneet liian lyhyiksi ja samalla varmistuttiin siitä, että laadunvalvontakairaukset onnistuvat suunnitellusti. 3D-mallinnuksen kehityksessä myös Espoon työmenetelmät saattavat muuttua. (Savikurki, haastattelu 11.5.2020)

#### 4.1 Laskentakaava stabilointijätteen kuljetuksen kustannus vertailu 5-akselisella kuorma-autolla

Laskenta on tehty Kallvikin kadut hankkeen paalupoikkileikkauspiirustuksen perusteella kaduittain, kunnallistekniikan putkikanaalien osuudelle. Ylimääräistä pois kaivettavaa stabiloitua maata putkikanaalien osuudella on keskimäärin 10 m<sup>3</sup>/m. Alla olevassa laskentakaavassa esitetään kadun Ranakuja, paaluvälillä 0–155 (155 m) sisältämä ylimääräinen stabilointijäte ja sen vastaanottomaksut sekä erotus stabiloidun maan ja puhtaan saven välillä.



Kuva 22. Paalupoikkileikkaus, PL 100, Ranakuja.

Stabiloitu savi (stabilointijäte):

$$155 \text{ m} * 10 \text{ m}^3/\text{m} = 1550 \text{ m}^3$$

$$1550 \text{ m}^3 / 17 \text{ m}^3 = 91,18 \text{ kuormaa}$$

$$91,18 \text{ kuormaa} * 136,40 \text{ €} = \mathbf{12\,436,47 \text{ €}}$$

Puhdas savi:

$$91,18 \text{ kuormaa} * 68,20 \text{ €} = \mathbf{6218,24 \text{ €}}$$

Säästö olisi näin ollen stabiloimattomana savena:

$$12\,436,47 \text{ €} - 6218,24 \text{ €} = \mathbf{6218,24 \text{ €}}$$

Liitteessä 2. Stabilointijäte laskenta kaduittain, on laskettu Kallvikin kadut hankkeen putkikaivantojen osuudelta stabilointijätteen vastaanottokustannukset ja vertailuksi on laskettu vastaavat maanvastaanottokustannukset puhtaalla savella sekä osoitettu mahdollinen säästö vastaanottokustannuksissa.

#### 4.2 Ajallinen hyöty pilaroitaessa rakennekerrosten alapinnasta +300 mm

Stabiloitaessa rakennekerrosten alapinnasta +300 mm ovat pilareiden laadunvarmistuskoestukset hankalia toteuttaa ilman, että maata poistetaan ennen koestuksia. Paikan mukaan poistettavaa maata olisi noin 1–2 metriä, jotta koestaja pääsisi pilarin päähän ”käsiksi” ja saavutettaisiin varmasti hyvälaatuinen koestus. Lisäksi tulee ottaa huomioon kaivantoon tehtävät luiskat sekä mahdolliset vesisateet. Vesisateet aiheuttaisivat vedenpoiston järjestämisen kaivantoon.

#### 4.3 Stabilointijätteen hyödyntäminen maarakentamisessa

Jätteen hyödyntämistä maarakentamisessa pyritään edistämään lainsäädännön avulla (MARA-asetus 843/2017). Joidenkin jätteen käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa tiettyjen edellytysten täytyessä. Jätteen käytöstä on kuitenkin tehtävä ilmoitus valtion valvontaviranomaiselle.

MARA-asetuksessa ei oteta kantaa erityisesti stabilointijätteelle, mutta vireillä oleva MASA-asetus tulee mahdollisesti ottamaan kantaa myös stabilointijätteen hyödyntämiselle maarakentamisessa.

##### 4.3.1 MARA- JA MASA-asetukset

”Asetusvalmistelutyössä keskeiset lähtökohdat ovat olleet jätteen hyödyntämishankkeen suunnitelmallisuuden ja laadunhallinnan riittävyyden varmistaminen sekä hyödynnettävien jätteen ympäristökelpoisuuden arviointiperusteiden uudistaminen”. Lähtökohdat huomioon ottaen MARA-asetuksen soveltamisalaa on

voitu laajentaa uusiin maanrakentamiskohteisiin sekä jättemateriaaleihin. MASA-asetuksen soveltamisalaan ehdotetaan sisällytettävän haitallisia aineita sisältävän maa-ainesjätteen hyödyntäminen maanrakentamisessa sekä maaperän ja/tai maa-aineksen kiinteytys eräillä jätteillä. (Ympäristöministeriö, 2020)

#### 4.3.2 MARA-asetus

Maarakentamiseen soveltuva jäte on materiaalia, joka on jalostettu käytettäväksi sellaisenaan ns. neutraalin kiviaineksen sijaan tai parantamaan teknisesti huonompilaatuista maa-ainesta. Kyseisistä materiaaleista käytetään nimitystä uusiomaa-aines.

Vuonna 2017 Ympäristöministeriön uudistama MARA-asetus (VNA 843/2017) on otettu käyttöön vuonna 2018. Asetus koskee eräiden jätteiden hyödyntämistä maarakentamisessa. (Ympäristöministeriö, 2020)

#### 4.3.3 MASA-asetus

MASA-asetus on vireillä ja sen luonnoksessa ehdotetaan säädettävän ympäristönsuojeluvaatimuksia, joiden täyttyessä rakentamisessa sekä muussa vastaavassa toiminnassa syntyvän maa-ainesjätteen (kuten stabilointijäte) hyödyntämiseen maarakentamisessa ja siihen kuuluvaan jätteen välivarastointiin ei tarvittaisi ympäristölupaa. Näin ollen riittäisi valtion valvontaviranomaiselle tehtävä rekisteröinti-ilmoitus. Asetuksen mukaiseen toimintaan sisältyisi myös maaperän tai maa-aineksen kiinteytys eräillä jättemateriaaleilla.

Asetuksessa, maa-ainesjätteen hyödyntämistä koskevilla vaatimuksilla varmistettaisiin, ettei toiminnasta aiheutuisi vaaraa tai haittaa terveydelle eikä ympäristölle pitkään ajankuluttua. (Ympäristöministeriö, 2020)

## 5 YHTEENVETO / JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhteenvetona voidaan todeta, että pilaroimalla rakennekerrosten alapinnan yläpuolelle +300 mm saavutettaisiin huomattavia kustannussäästöjä niin sideaineen menekissä kuin stabilointijätteen vastaanottomaksuissakin. Vertailtaessa stabilointijätteen ja saven vastaanottomaksuja on savi puolet halvempaa.

Hankkeen työselostuksen kohdassa 14131.6 Pilaristabiloinnin tekemisen ympäristövaikutukset, sanotaan, että ”sideaineen haitallinen leviäminen ympäristöön estetään”. Sideaineen leviämistä ympäristöön olisi voitu vähentää entisestään pilaroimalla rakennekerrosten alapinnasta +300 mm, viitaten Nybergin haastatteluihin. Tällä vähennettäisiin myös merkittävää työturvallisuusriskiä, pölyävää sideainetta (kuva 19).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että 3D-ohjauslaitteiden sekä 3D-mallinnuksen avulla voitaisiin tehdä tasalaatuinen pilarointi ulottamalla pilarit rakennekerrosten alapinnan yläpuolelle.

Etenkin 3D-mallinnuksen kehittyessä myös laitteistojen tarkkuus paranee entisestään. Tällä työmenetelmällä saavutettaisiin huomattavia kustannussäästöjä stabilointijätteen poiskaivuusta sekä sen kuljetus- ja vastaanottomaksuissa. Ajallisesti työmenetelmällä ei kuitenkaan saavuteta merkittäviä hyötyjä sillä pilaroinnin koestaminen vaatisi näin ollen mahdollisia ylimääräisiä maankaivuja, jotta koestuksien onnistuminen voidaan varmistaa.

On myös huomioitava, että ulotettaessa pilarin yläpää rakennekerrosten alapinnasta +300 mm, on mahdollista, että pilarin lopetuskohdan ja maanpinnan välillä, ns. tyhjäporauksessa olisi jäämiä sideaineista. Näin ollen kyseinen tyhjäporaus ei ole välttämättä täysin ”saastumatonta”. Tämän työn aikana ei ollut mahdollista selvittää olisiko tyhjäporauksen osuudella olevalla sideainemäärällä merkitystä esimerkiksi jälleenkäsittelylaitoksella, eli tapahtuisiko sen vastaanotto savena vai stabilointijätteenä.

Voidaan myös todeta, että mahdollisesti MASA-asetuksen käyttöönoton jälkeen myös stabilointijätteen kustannukset vähenevät/muuttuvat, kun jotkin yritykset pystyvät hyödyntämään stabilointijätettä maarakennusurakoissa, eikä näin ollen kyseistä jätettä tarvitse kuljettaa maankaatopaikalle.

## LÄHTEET

Bruce, D. A. (2000). Introduction to the Deep Soil Mixing Methods as Used in Geotechnical Applications. Washington: U.S. Department of Transportation

CEMEX. (2019) Kalkkisementti QLC50 Sekoitusraportti 1.8.2019-31.8.2019

Espoo. (n.d.). Maamassojen vastaanottomaksut. Haettu 24.3.2020 osoitteesta <https://www.espoo.fi/maanvastanotto>

Espoo. (2002). Kalkkipilariohje KPO 2002

Keller Group (2020). Keller Product Guide of Soil Mixing. Saatavissa Keller Group:lta

KFS-Finland Oy (n.d.). Stabilointi – KFS Finland Oy. Haettu 8.3.2020 osoitteesta [https://www.kfs.fi/kfs\\_palvelut/syvastabilointi/](https://www.kfs.fi/kfs_palvelut/syvastabilointi/)

Kreate Oy. (n.d.). Yritys – Kreate Oy. Haettu 24.3.2020 osoitteesta <https://kreate.fi/yritys/>

Liikennevirasto (2018). Syvästabiloinnin suunnittelu, liikenneviraston ohjeita 17/2018

MaaRYL (2009). 2111 Pilaristabiloidut rakenteet. Haettu 1.4.2020 osoitteesta [https://www.rakennustieto.fi/maaryl/Lausunnolle/Ajalla\\_18122009-18012010/2111\\_Pilaristabiloidut\\_rakenteet\\_RTS09\\_18.pdf](https://www.rakennustieto.fi/maaryl/Lausunnolle/Ajalla_18122009-18012010/2111_Pilaristabiloidut_rakenteet_RTS09_18.pdf)

Standardi SFS-EN 14679 (2005). Pohjarakennustyöt. Syvästabilointi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry

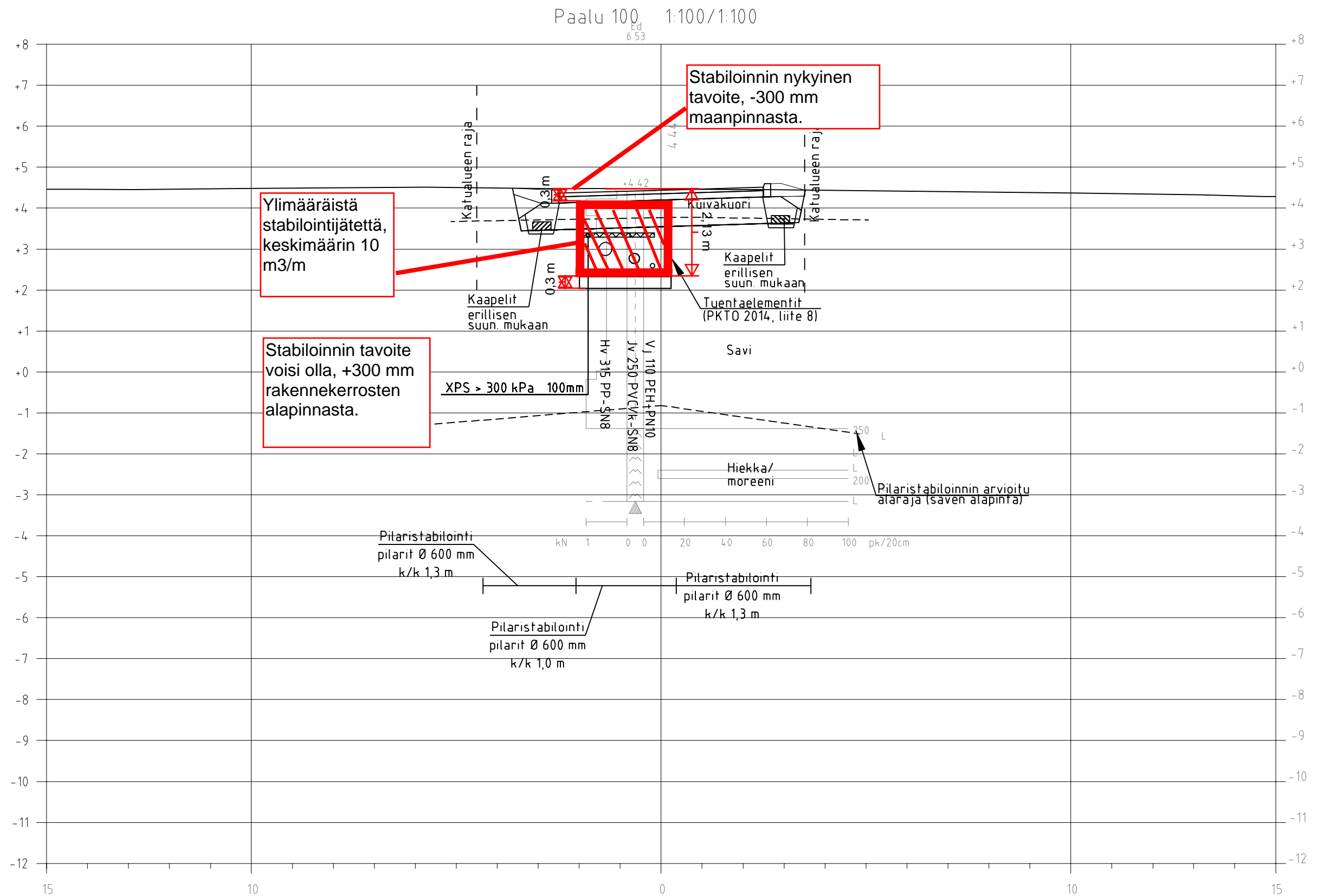
Ympäristöministeriö. (2020) Jätteen hyödyntäminen maanrakentamisessa. Haettu 19.5.2020 osoitteesta [https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Ymparistonsuojelun\\_valmisteilla\\_oleva\\_lainsaadanto/Jatteen\\_hyodyntaminen\\_maanrakentamisessa](https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatteen_hyodyntaminen_maanrakentamisessa)

## HAASTATTELUT

Nyberg, T. (2020). Työnjohtaja, KFS Finland Oy. Haastattelu 23.4.2020

Savikurki S. (2020). Projektipäällikkö, Geotekniikkayksikkö, Espoon kaupunki. Haastattelu 11.5.2020

Havainnekuva ylimääräisestä stabilointijätteestä





Stabilointijäte laskenta kaduittain  
Tekijä: Kalle Ketonen

ylimääräistä stabilointijätettä on 10 m³/m

5 aks.kuorma-auto, 17 m³/kuorma

Katu: Ranakuja, PL 0-155 (155 m)

155 m

10 m³/m

17 m³/kuorma

Stabilointijäte:  
155m x 10 m³/m = 1550 m³  
1550 m³/17 m³ = 91 kuormaa  
91 kuormaa x 136,40 € = 12436,47 €

Puhdas savi:  
91 kuormaa x 68,20 € = 6218,24 €

Katu	Pituus, m	Ylimääräinen stabilointijäte, m³/m	Ylimääräinen stabilointijäte 5 aks.kuorma-auto, paaluvälillä, m³	m³/kuorma	Kuormien määrä	Stabiloitu maa, kuorman hinta, €	Puhdas savi, kuorman hinta, €	Stabiloitu maa, kuormien yhteishinta, €	Puhdas savi, kuormien yhteishinta, €	Säästö puhtaana savena, €
Ranakuja, PL 0-155	155	10	1550	17	91,18	136,40	68,20	12 436,47	6 218,24	6 218,24
Kallvikinkukkula, PL 40-60	20	10	200	17	11,76	136,40	68,20	1 604,71	802,35	802,35
Kallvikinkartano, PL 240-260, 300-320	40	10	400	17	23,53	136,40	68,20	3 209,41	1 604,71	1 604,71
Kallvikinrinne, PL 88-120, 160-220	92	10	920	17	54,12	136,40	68,20	7 381,65	3 690,82	3 690,82
Kallvikikuja, PL 5-40	35	10	350	17	20,59	136,40	68,20	2 808,24	1 404,12	1 404,12
Paul Chemelewskin polku, PL 60-140	80	10	800	17	47,06	136,40	68,20	6 418,82	3 209,41	3 209,41
Salakuljettajantie, PL 20-300	280	10	2800	17	164,71	136,40	68,20	22 465,88	11 232,94	11 232,94
Ranakulma,PL 20-40	20	10	200	17	11,76	136,40	68,20	1 604,71	802,35	802,35
Ranakuja. PL 20-260	240	10	2400	17	141,18	136,40	68,20	19 256,47	9 628,24	9 628,24
Rengasuuntie. PL 60-180	120	10	1200	17	70,59	136,40	68,20	9 628,24	4 814,12	4 814,12
Ranatie, PL 20-120. 320-347	127	10	1270	17	74,71	136,40	68,20	10 189,88	5 094,94	5 094,94
Ranapuisto (Raitti 6), PL 20-120	100	10	1000	17	58,82	136,40	68,20	8 023,53	4 011,76	4 011,76
Kapsäkinkuja, PL 20-80	60	10	600	17	35,29	136,40	68,20	4 814,12	2 407,06	2 407,06
Kanisteritie. PL 20-100	80	10	800	17	47,06	136,40	68,20	6 418,82	3 209,41	3 209,41
Kanisterikuja. PL 20-80	60	10	600	17	35,29	136,40	68,20	4 814,12	2 407,06	2 407,06
Mustanlahdentie, PL 20-320	300	10	3000	17	176,47	136,40	68,20	24 070,59	12 035,29	12 035,29
Kurtinniityntie, PL 20-180, 260-280, 420-480	240	10	2400	17	141,18	136,40	68,20	19 256,47	9 628,24	9 628,24
Alustaisentie, PL 19-260	241	10	2410	17	141,76	136,40	68,20	19 336,71	9 668,35	9 668,35
Palkollisentie, PL 20-100	80	10	800	17	47,06	136,40	68,20	6 418,82	3 209,41	3 209,41
Rosopolku, PL 20-40	20	10	200	17	11,76	136,40	68,20	1 604,71	802,35	802,35
								191 762,35	95 881,18	95 881,18